

# 微動H/Vスペクトル比を用いた地盤-建物連成系の振動特性推定に関する考察

仲野健一<sup>\*1</sup>・安井 讓<sup>\*2</sup>・境 茂樹<sup>\*1</sup>・前田寿朗<sup>\*2</sup>

既報において、筆者らは地震動を対象にしてH/Vスペクトル比を用いた地盤-建物連成系の振動特性把握手法を提案している。この手法の利点は伝達関数の入力点と出力点での同時測定を必要としないところにある。しかしながら、現在は地震動を対象としているため、地震観測体制の構築が必要となり、また振動特性の評価のためには地震発生を待たなければならない。従って、本報ではいつでもどこでも測定可能な微動を対象として、その適用性を検証する。まず、既報と同じ超高層RC建物を対象として微動測定を実施した。その測定結果に基づいて地震動の場合と同様の比較を行い、本提案手法が微動に対しても適用可能であることを確認した。

キーワード：H/Vスペクトル比，微動，超高層RC建物，振動特性

## 1. はじめに

既報<sup>1), 2)</sup>において、筆者らは、建物頂部と地盤（または1F）で独立に観測された地震動記録の水平上下スペクトル比（H/Vスペクトル比;HVR）を用いることで、地盤-建物連成系の振動特性を把握することが可能であることを理論的に示した。一方、野路ら<sup>3)~5)</sup>によって、建物頂部における微動のH/Vスペクトル比とフーリエスペクトル比が整合する可能性が示されている。筆者らが示した理論展開において、彼らの主張は限定的な条件の下で成立することが明らかになっている<sup>2)</sup>。以前から、被災後の建物の構造安全性評価に地震動記録を用いる方法が多数提案されているが<sup>例えば6)</sup>、依然として地震観測や評価体制は十分整備されているとは言えない。また、振動特性評価のためには地震発生を待たなければならない。従って、文献<sup>7), 8)</sup>のように微動測定によって簡便に伝達関数等の振動特性を推定することができれば、非常に実用性が高い。

本報では、まず既報と同様の超高層RC建物を対象にした微動測定を実施し、その測定結果を既報<sup>1), 2)</sup>と同様に比較する。そして、既報<sup>1), 2)</sup>で提案した“地盤-建物連成系の振動特性把握手法”で仮定した条件を満足することを確認し、本提案手法が微動へ適用可能であることを示す。

## 2. 地盤-建物連成系の振動モデル

既報<sup>1), 2)</sup>と同様にSRモデルに上下ばねを加えた線形システムによる振動モデルを考え、建物系だけでなく、地盤系での地震観測体制を併せて有する建物を対象とし

て、理論を展開する。このことにより、地盤-建物連成系の振動特性を対象とすることができ、必然的に建物系のそれを内包する。想定した振動モデルとしては、**図-1**に示すような、上部構造を1質点系とした2質点地盤-建物連成系モデルを想定し、単純なSRモデルに上下ばねをつけた形を考えた。同図で赤色の三角印は地盤（添え字G）、建物1F（添え字1F）、建物頂部（添え字RF）を示しており、それらは振動計測位置にそれぞれ対応する。記号Hは水平動成分、記号Vは上下動成分である。

本稿では伝達関数として以下を用いる：1) 地盤に対するRFの上下動の伝達関数 $T_V^G$ 、2) 1Fに対するRFの上下動の伝達関数 $T_V^{1F}$ 、3) 地盤に対するRFの水平動の伝達関数（スウェイ・ロッキングを考慮） $T_H^{SR}$ 、4) 1Fに対するRFの水平動の伝達関数（ロッキングが含まれる） $T_H^R$ 。

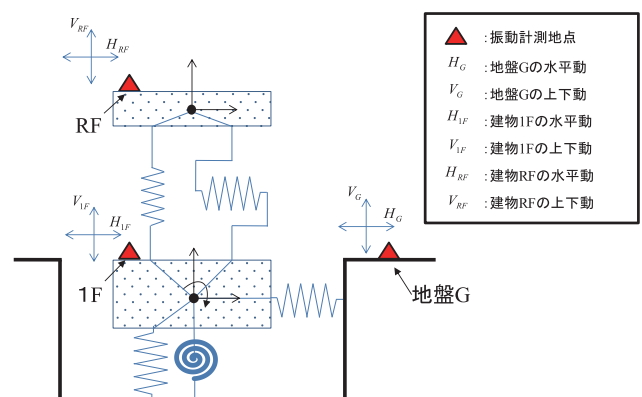


図-1 想定した振動モデル

\*1 建築研究第一部 \*2 早稲田大学

### 3. HVR と伝達関数の関係式

#### 3.1 建物系の場合

ここでの建物系とは、図-1に示した1Fを基準にしたRFに対する計測位置間の線形システムを意味している。以下では、振動特性は伝達関数のスペクトル形状やそこから抽出した固有周期/減衰を包括した言葉として使用し、伝達関数は2点間の振動特性を表す際に使用する。

建物系(建物1FとRF)での1質点せん断ばねモデル(上下ばね付)の振動方程式を考えれば、各計測位置の水平と上下のフーリエスペクトルの比をとると、両者は水平動と上下動それぞれの伝達関数で結ばれることは明らかであるから、式(1)で表現することが可能である。

$$\frac{H_{RF}}{V_{RF}} = \frac{T_H^R \cdot H_{1F}}{T_V^F \cdot V_{1F}} \quad (1)$$

なお、本研究ではスペクトルを取り扱っているが、簡便のため振動数を省略していることに注意されたい。さて、ここで式(1)の左辺と右辺に着目すると、建物頂部RFの水平動 $H_{RF}$ と上下動 $V_{RF}$ による $HVR_{RF}$ と、建物1Fでの $HVR_{1F}$ を用いて、式(2)のように書き直すことができる。HVRは各計測位置でのH/Vスペクトル比である。なお、本研究では水平上下スペクトル比を $HVR$ と定義しており、 $HVR_\alpha = H_\alpha/V_\alpha$  ( $\alpha = RF, 1F, G$ )で表現されるものとする。

$$\frac{T_H^R}{T_V^F} = \frac{HVR_{RF}}{HVR_{1F}} \quad (2)$$

ここで式(2)の左辺について考える。もし左辺の分母にある上下動の伝達関数 $T_V^F$ について、式(3)に示すような条件が成立すれば、式(2)は式(4)で表現することができる。

$$T_V^F \approx 1 \quad (3)$$

$$T_H^R = \frac{HVR_{RF}}{HVR_{1F}} \quad (4)$$

式(3)は振動数が省略された表記となっているので、ここでは上下動の伝達関数 $T_V^F$ が1であるという条件が成立するような振動数範囲が存在するかどうかが問題となる。なお、式(4)はその条件が成立するという仮定に基づいている。

式(4)によれば、建物系のフーリエスペクトル比で表現される水平動の伝達関数 $T_H^R$ は、各計測位置でのH/Vスペクトル比の比と等価であることがわかる。さらに、「各計測位置のH/Vスペクトル比(及びそれらの比)が安定的に振動特性を示す」と仮定すると、同時測定記録を用いることなく、単独の3成分(もしくは上下動を含む2成分)の振動測定記録から建物系の振動特性を推定可能であること

が示唆される。なお、水平動の伝達関数 $T_H^R$ は、建物系での同時測定記録を用いて、式(5)で一般的に推定される。

$$T_H^R = \frac{H_{RF}}{H_{1F}} \quad (5)$$

さて、改めて式(4)に着目する。同式右辺がHVRの比であることは上述の通りであるが、ここでもし分母の $HVR_{1F}$ を1とみなすことができれば、水平動の伝達関数 $T_H^R$ と $HVR_{RF}$ が等価ということになる。野路ら<sup>3)-5)</sup>は振動測定記録を用いて、定性的ではあるが両者の整合性について指摘した。これまでの議論に基づけば、上述の条件がすべて揃った時に初めて成立するということであり、彼らの主張はそのような特殊な事例であったと物理的に解釈される。

#### 3.2 地盤-建物連成系の場合

地盤-建物連成系とは、図-1に示した地盤を基準にしたRFに対する計測位置間の線形システムを意味している。本節で対象とする系においては、スウェイ・ロッキングばねを考慮しているが、伝達関数の関係式で考えれば、3.1節で示した建物系と基準が異なるだけであるから、建物系と同様の関係式が成立する。

建物頂部の水平動と上下動の比と地盤でのそれは地盤-建物連成系における伝達関数によって、先と同様に式(6)のように表される。また、式(6)の水平動と上下動の比をH/Vスペクトル比 $HVR$ として記号を整理すれば、式(6)は式(7)と書き直すことができる。

$$\frac{H_{RF}}{V_{RF}} = \frac{T_H^{SR} \cdot H_G}{T_V^G \cdot V_G} \quad (6)$$

$$\frac{T_H^{SR}}{T_V^G} = \frac{HVR_{RF}}{HVR_G} \quad (7)$$

前節と同様に式(8)が成立すれば、式(7)から式(9)が導かれる。

$$T_V^G \approx 1 \quad (8)$$

$$T_H^{SR} = \frac{HVR_{RF}}{HVR_G} \quad (9)$$

式(9)から、先と同様の測定を行うことで $T_H^{SR}$ を求めることができる。 $T_H^{SR}$ は、通常RFと地盤の同時観測記録を用いて式(10)で直接的に計算される。

$$T_H^{SR} = \frac{H_{RF}}{H_G} \quad (10)$$

### 3.3 提案手法の成立条件

通常、伝達関数を計算する場合には同時観測記録を用いるため、時刻同期と併せて振幅基準化が暗黙的に行われる<sup>9)</sup>。これによって、個々の微動や地震動によって異なる入力動のスペクトル特性の差異による影響は基本的に無視できる。一方、本手法では先に述べたようにH/Vスペクトル比を用いる利点として、必ずしも同時測定記録に頼る必要がない。なぜなら、単点測定で得られる入力動のフーリエスペクトルの水平上下比をとることで、伝達関数と同様の基準化が行われていると考えられるためである(ただし、平均特性として評価するため、表面波等が卓越するような場合を含む際には注意が必要である)。したがって、本手法は、1つの計器と1人の計測員で、各位置で単独に計測された振動測定記録に適用できる点に工学的な利点がある。

しかし、本提案手法では以下の仮定をおいて理論を展開しているため、地震動と同様に微動においても、これらが実建物で成立することを確認しておく必要がある。

- ① 微動 HVR が安定して振動特性を示すこと
- ②  $T_V^f \cong 1$  もしくは  $T_V^g \cong 1$  が成立すること

## 4. 微動観測記録による検証

### 4.1 建物および微動観測概要

3.3節で示した本提案手法の成立条件について、微動観測記録を用いて検証する。ここでは、既報<sup>1), 2)</sup>と同様に、地震観測体制が整備され多数の地震記録が得られている神戸脇浜に建つ超高層RC建物(杭基礎)を対象とした。このことにより、両者の関係についても直接的に比較できる。なお、同建物が弾性挙動範囲の地震動しか被っていないことは、既往研究によって確認されている<sup>10)</sup>。

図-2に、地盤と建物概要を示す。同図左は地震観測位置を、同図右はボーリング柱状図を示す。また、表-1に地震観測概要として建物構造概要と地震観測概要を示す。地震観測は青丸印の建屋内で3点、地盤アレイで2点において2000年4月から実施しており、地盤アレイは、建物位置から東に約1m、南に約14mの位置で行っている。今回実施した微動観測は、既存地震計と合わせて、同図の赤三角印の位置で行った。地盤としては、N値が深度約5mで60程度を示すが、地盤構造が互層になっていることから、複雑な地盤構造であると推察される。

表-2に、微動観測概要を示す。測定はJU410を5台用いて1ケースあたり30分間実施した。得られた微動波形について、1区間を100秒(50%重複)として切り

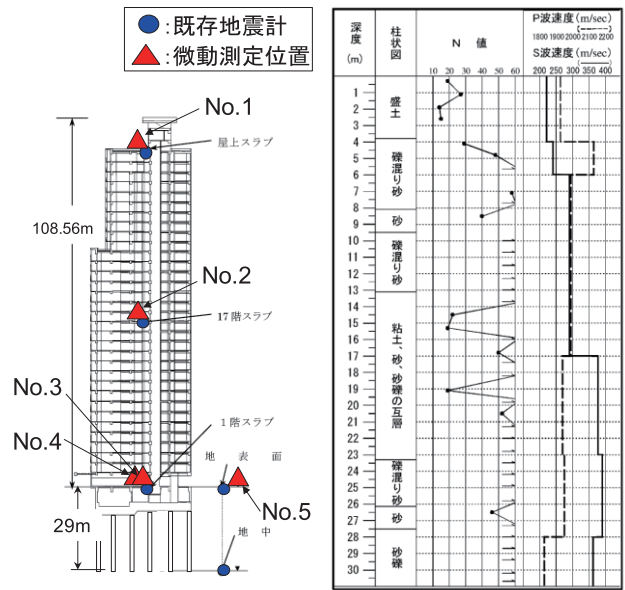


図-2 地盤と建物概要 (左:計測位置, 右:柱状図)

表-1 建物および地震観測概要

建物構造概要		地震観測概要	
構造種別	RC構造	期間	2000年4月~
階数	地上33階 地下1階 搭屋3階	観測地震数 (2017年3月時点)	117
高さ(軒高)	108.56m(98.46m)	計測機器 (建屋3台)	サーボ型加速度計 SD-203WS
1次固有周期 (基礎固定)	X方向:1.59s Y方向:1.59s	計測機器 (地中2台)	サーボ型加速度計 SD-203B
1次固有周期 (SRモデル)	X方向:1.84s Y方向:1.84s		

表-2 微動観測概要

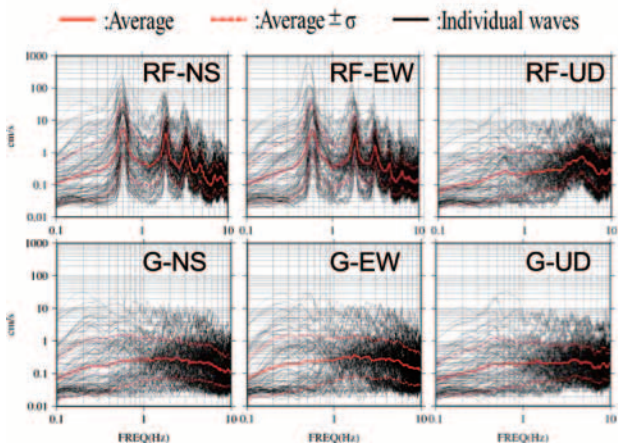
計測条件	
計測日時	2017年9月20日
計測機材	JU410(白山工業)
デジタルアンプ	50倍
サンプリング	100 Hz
計測時間	30分間/ケース
平均風速/hour*	3 ~ 6m

\* 神戸市中央区脇浜海岸通神戸地方気象台

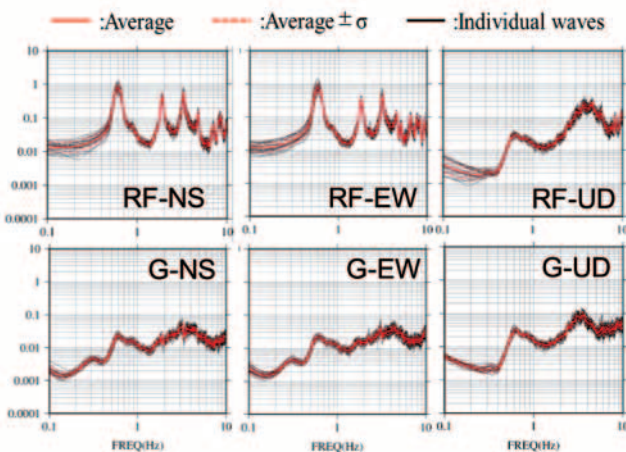
出し基線補正を施した。次に目視により微動波形ではないと判断される区間を取り除いた上で、振幅二乗値の全区間平均平方根+5σを超える区間を取り除いた。最後に、先の処理で得られた29区間それぞれでFFTによるフーリエ変換を行い、アンサンブル平均によりフーリエスペクトル比(振幅)を推定した。なおFFTは各区間の100秒以降を0で置換して163.84秒とすることで行った。

### 4. 2 地震動と微動のフーリエスペクトルとH/V スペクトル比の比較

図-3に、地震動と微動観測記録のフーリエスペクトルの比較をそれぞれ示す。図-3(A)は地震動のフーリエスペクトル、同図(B)は微動のフーリエスペクトルである。各図について、黒色の実線は波形毎のスペクトル(地震動の場合:個々のイベント,微動の場合:切り出した区間毎)を、赤色の実線は平均値を、赤色の点線は平均値 $\pm\sigma$ をそれぞれ示す。なお、図-3(A)では表1で示した117の地震記録の内、収録状態等により不適切と判断した記録を除いた全95の地震記録を用いた。また、各図上段は建物頂部RF,下段は地盤(G)で計測されたスペクトルをそれぞれ示している。この図から明らかのように、地震動によってスペクトルは大きく変動するため(振幅依存含む)、フーリエスペクトルを直接的に利用する場合、同時測定記録を用いる必要がある。一方、図-3(B)を見れば明らかであるが、微動のフーリエスペクトルは、地震動に比べて非常に安定した特性を示していることがわかる。

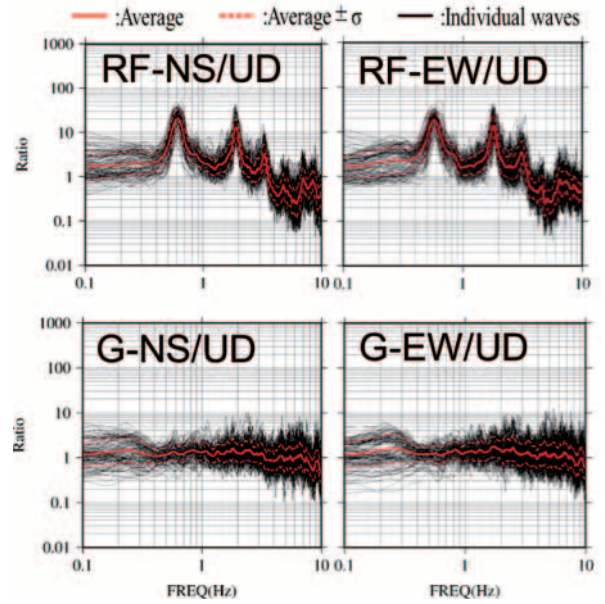


(A) 地震動のフーリエスペクトル

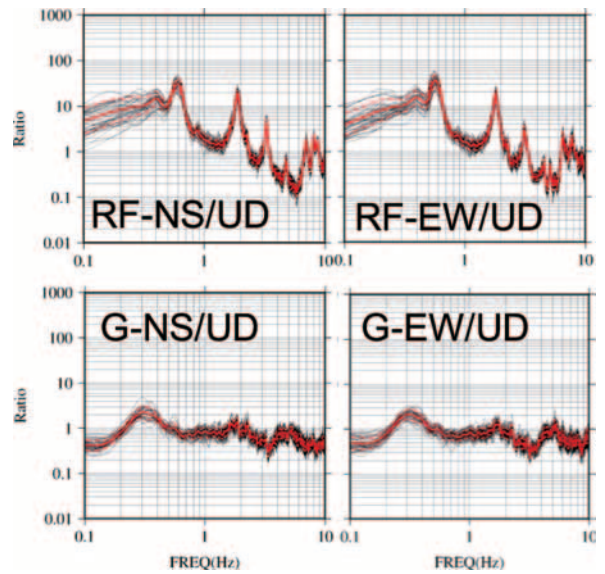


(B) 微動のフーリエスペクトル

図-3 地震動と微動のフーリエスペクトル比較



(A) 地震動のHVR



(B) 微動のHVR

図-4 地震動と微動のHVR比較

図-4に、図-3の水平動2成分のフーリエスペクトルを上下動のそれで割ったH/Vスペクトル比(HVR)の比較を示す。同図(A)は地震動のHVR,同図(B)は微動のそれである。地震動の場合、先の比較とは異なり、HVRは小振幅記録を含めて比較的安定したスペクトル特性を示しており、これを用いることで振動特性の安定的な推定が期待できる。ただし、地盤における地震動のHVRについて、微動のHVRで明瞭に確認できる周期3秒付近のピークが明瞭ではない。これに関しては今後の検討課題としたい。一方、微動の場合は、図-3と同様に非常に安定したスペクトル特性を示していることが確認できる。

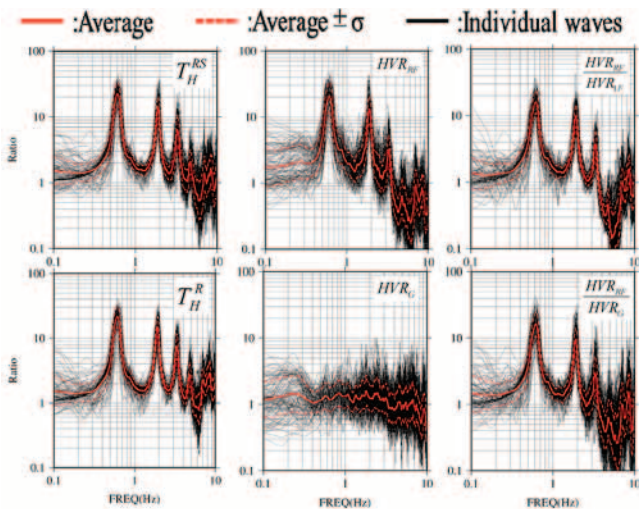
### 4.3 地震動と微動の HVR と伝達関数の比較

前節と同様の微動記録を用いて、3.3節の成立条件について確認する。なお、比較のため、既報<sup>1), 2)</sup>で示した地震動の場合の結果も併せて示す。

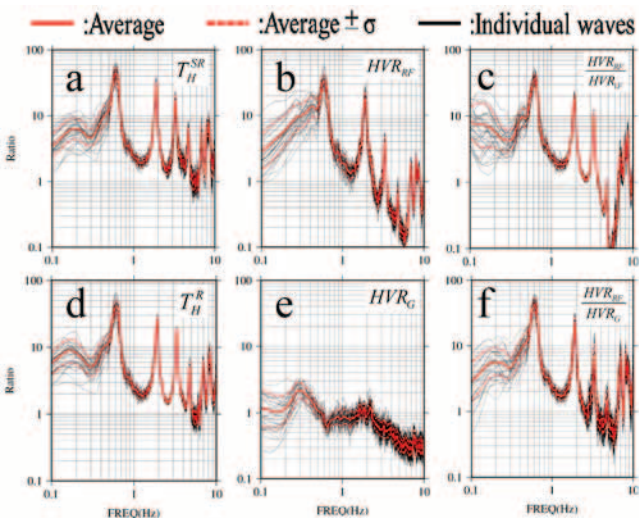
図-5(A)に、既存地震計において同時観測された地震動における地盤と建物頂部 RF の伝達関数 (同図 a), RF での  $HVR_{RF}$  (同図 b), RF での  $HVR_{RF}$  と 1F での  $HVR_{1F}$  の比 (同図 c), 1F と RF の伝達関数 (同図 d), 地盤での  $HVR_G$  (同図 e), RF での  $HVR_{RF}$  と地盤での  $HVR_G$  の比 (同図 f) をそれぞれ示す。水平動はすべて NS 成分である。また、図-5(B)に微動の場合を示す。各図の凡例については、図-3と同様に、黒色の実線は波形毎のスペクトル (地震動の場合: 個々のイベント, 微動の場合: 切り出した区間毎) を、赤色の実線は平均値を、赤色の点線は平均値  $\pm \sigma$  をそれぞれ示す。これらを見れば、図-5(A)の地震動の場合において、各スペクトル特性は図-

3(A)に比べて安定していること、上下動の伝達関数が約 3Hz 以下でほぼ1になっていることが確認できる。ただし、図-5(A)の d で約 0.6Hz に若干の増幅がみられる。図-5(B)の比較から、微動の場合においては、スペクトル特性が非常に安定していることがわかり、地震動の場合に比べてばらつきが小さい。これは振動特性を安定して抽出できることを示している。ここでは、 $HVR_{RF}$  と  $HVR_G$  ( $HVR_{1F}$ ) の比を併せて示しているが、これは個々の HVR を独立に計算した後 (対数平均により算出)、改めてその比をとったものである。従って、建物頂部 RF と地盤 G においてそれぞれ独立に観測した振動記録を使用することが可能であることを指摘できる。以上のことから、3.3節で示した条件を概ね満足することが確認できた。また、微動は地震動に比べて安定的にスペクトル特性を示すことがわかった。

図-6に、地震動と微動に関して、地盤 G に対する 1F および RF の上下動の伝達関数の比較を示す。同図(A)は地震動、同図(B)は微動に関するものであり、各図左が地盤 G に対する 1F、同図右が地盤 G に対する RF の上下動伝達関数である。地震動の地盤 G に対する RF の上下動伝達関数で約 0.6Hz にややピークが確認できる。約

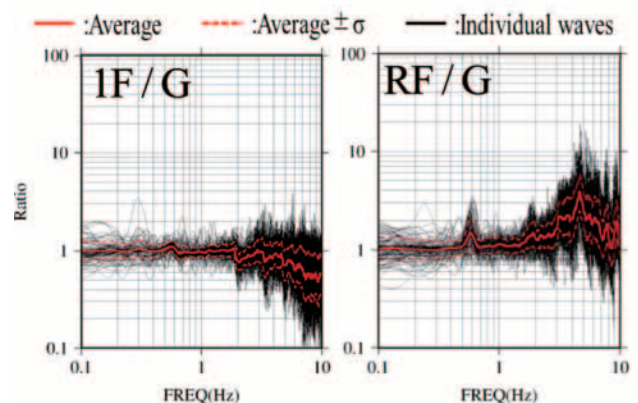


(A) 地震動の各種スペクトル比

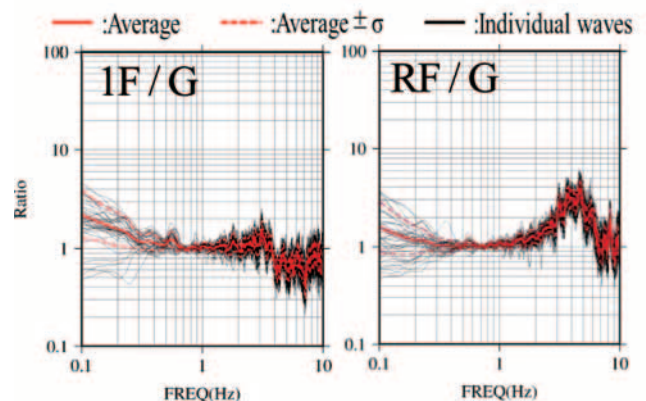


(B) 微動の各種スペクトル比

図-5 スペクトル特性の安定性 (NS 成分)



(A) 地震動の上下動伝達関数



(B) 微動の上下動伝達関数

図-6 上下動伝達関数の比較 (NS 成分)

0.6Hz は本建物の水平の1次固有周期にあたり、上部構造の曲げ変形に伴う、地震計設置位置での上下動への影響が表れていると考えられる。一方で微動においては、同様の周期にややピークがあるようにも見えるが、地震動に比べて明瞭ではない。なお、地震動、微動ともに1F/Gの0.6Hzに振幅が小さいピークが見られるが、これらは水平1次モードにおける基礎ロッキングに相当すると思われる。

図-7(A)に、RFと地盤において同時観測された地震動から計算したフーリエスペクトルの伝達関数 $T_H^{SR}$ (青線)、RFの $HVR_{RF}$ と地盤の $HVR_G$ の比(赤線)を、図-7(B)に微動から計算したそれを示す。ここでは図5で示した平均値をそれぞれ用いており、NS方向のみ示している。図-7は、地震動と微動のそれぞれにおいて、3.2節(地盤-建物連成系の場合)の式(7)と式(8)を比較していることになるが、振幅値や固有振動数に関して言えば、両者について3次ピークまで良好な対応を示している。また、3次ピーク以上では振幅値にやや差異がみられるが、このことは、高振動になるほど上下動の伝達関数 $T_V^G$ の増幅が1と見なせないことが影響していると考えられる。また両図を比較すれば、微動と地震動の両者とも共通の1~4次ピーク振動数を示していることがわかる。一方、地震動と微動の振幅値に着目すると、両者で異なっている。このことは、主に風の影響、もしくは、振幅の違いによる復元力特性や減衰等の影響ではないかと考えられるが、今後の検討課題としたい。なお、 $HVR_{RF}$ を併記しているが(黒線)、このスペクトル特性も良好に対応している。このことは、図-5(A)のeで見られるように、地盤における $HVR_G$ が平均的に1程度とみなされたことにより、 $T_H^{SR} \approx HVR_{RF}$ が擬似的に成立したためと考えられる。

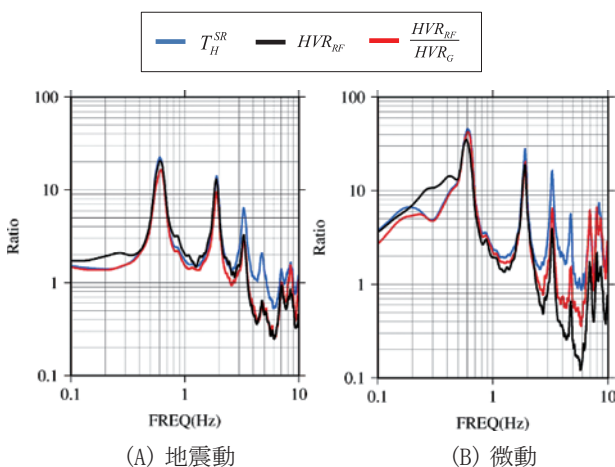


図-7 地震動と微動のスペクトル特性比較

#### 4.4 微動測定における風の影響

表-2で示したように、微動測定当日は比較的風が強いこともあり、建物頂部RFの微動測定波形に風の影響が疑われる。図-8に、建物1Fに対する建物頂部RFの伝達関数の振幅および位相の比較を示す。これらは微動測定の時間帯を変えて測定した結果(NS方向)であり、青色の丸印は午前中の風がやや弱い時間帯の伝達関数、橙色の丸印は午後の風がやや強い時間帯のそれである。また、既報<sup>1), 2)</sup>で用いた地震記録95波形から別途計算した伝達関数を無風時のそれとみなし、同伝達関数の振幅と位相を併せて示している(黒色の丸印)。なお、測定の都合上、建物頂部RFの測定位置はそれぞれでやや異なっている点に注意されたい。図-8をみれば明らかなように、風が強い時間帯においては、振幅の卓越周期は大きく変わらないもの、位相がやや高振動数側に移動していることがわかる。内藤・石橋<sup>11)</sup>では風が強いほど減衰が大きくなり位相遅れが短周期側に移動することが指摘されているが、図-8の結果とどのように関係するのか引き続き検討する必要がある。また、一次固有周期より長周期域において、風が強い時間帯の方が弱い時間帯に比べて、伝達関数の振幅が大きいことがわかる。これは、図-7における卓越周期より長周期域での差異についての一つの解釈を与えるものと考えられる。内藤・石橋<sup>11)</sup>で指摘されているように、全体的な伝達関数のピーク振幅の差異については、風の影響が大きいと考えられるが、無風時を狙った微動の再測定を実施する等、今後の検討課題としたい。

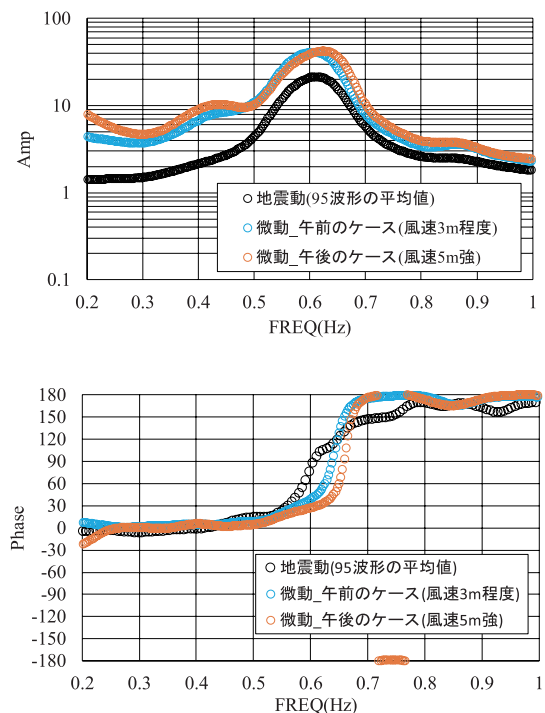


図-8 微動測定時の風の影響(上段:振幅, 下段:位相)

#### 4.5 本提案手法の活用について

ここまでの議論によって、既報<sup>1), 2)</sup>で提案した手法は微動に拡張できることが確認できた。そのため、微動を対象とした場合、可搬型の微動測定機器を用いることで、いつでもどこでも振動特性が把握できるようになる。従って、地震（もしくは余震）の発生を待つ必要がなくなるため、地震動を対象とした場合に比べて、極めて効率的な振動測定や伝達関数の評価が可能となると考えられる。なお、本報での提案手法は、以下のような場合に活用できる。

- ・ 建物系と地盤系の両方で微動観測を実施するケース
- ・ 建物系で微動観測を実施する場合で、近傍サイトの地盤で過去に得られた微動記録を活用するケース
- ・ 地盤で微動観測を実施する場合で、建物系の微動観測で過去に得られた微動記録を活用するケース
- ・ 建物系と地盤系の両方で微動観測を実施していた場合で、どちらかが欠測した等の事情により、同時測定記録を使用できないケース

ここで挙げた例は地盤-建物連成系を対象にしたものであるが、地盤を1Fに入れ替えて、建物系としても同様の使い方が可能である。また、常設の地震観測システム（微動まで測定可能な計測機器）の導入がコスト/体制的に難しい場合に、前述の可搬型の微動測定機器を臨時的な観測に用いれば、最小の資源（振動計測機器1台と技術者1名）で建物系や連成系の振動特性を把握することが可能である。

#### 5. まとめ

本研究のまとめは以下の通りである。

- ・ 微動から計算した  $HVR_{RF}$  と  $HVR_G$  の比はフーリエスペクトル比  $T_H^{SR}$  と1~4次ピーク振動数が一致すること、振幅値は2次ピークまで概ね一致する。紙面の都合から確認過程を省いたが、これは建物系でも同様である。
- ・ 微動記録と地震動記録からそれぞれ計算した各スペクトルは共通のピーク振動数を安定的に示すことがわかった。
- ・ 以上のことから、本提案手法は地震動だけでなく微動に対しても適用可能であることが確認できた。従って、本提案手法によれば、4.5節に示したように、伝達関数の同時測定の必要がなく、いつでもどこでも測定可能な微動を用いて、地盤-建物連成系

（建物系も含む）の振動特性を簡便に把握できる。

- ・ 地震動と微動から推定される伝達関数の振幅の差異に関して、卓越周期より長周期域では風の影響が疑われる。一方で、振幅全体の差異については今後の検討課題である。
- ・ 現在は伝達関数の固有周期を主な対象としているが、本手法においては、伝達関数のスペクトル形状から減衰定数を推定することも可能であると考えられる。

#### 謝辞

微動測定の実施や地震観測記録に関して、共同で観測を行っている都市再生機構の小田聡氏をはじめ関係者の方々には謝意を表す。また一部の図の作成には GMT<sup>12)</sup> を用いた。なお、本稿は仲野ら<sup>13)</sup>に加筆・修正したものである。

#### 参考文献

- 1) 仲野健一, 安井譲, 境茂樹, 前田寿朗: 地震動 H/V スペクトル比を用いた地盤-建物連成系の振動特性把握手法の提案, 日本建築学会大会学術講演会梗概集 (中国), 21250, pp. 499-500, 2017年8月.
- 2) 仲野健一, 安井譲, 境茂樹, 前田寿朗: 地震動 H/V スペクトル比を用いた地盤-建物連成系の振動特性把握手法の提案, 安藤ハザマ研究年報, Vol. 5, 2017年.
- 3) 野路利幸, 澤田義博, 山岸邦彰: 微動 H/V スペクトル比の建築物への適用性, 日本建築学会大会学術講演会梗概集 (中国), 21076, pp. 151-152, 2008年9月.
- 4) 野路利幸, 山岸邦彰, 澤田義博: 福井市の中高層学校建築の微動スペクトル特性, 日本建築学会大会学術講演会梗概集 (北陸), 21013, pp. 25-26, 2010年9月.
- 5) 野路利幸, 山岸邦彰, 澤田義博: ラーメン模型による建物の微動スペクトル特性に関する研究, 日本建築学会大会学術講演会梗概集 (関東), 21191, pp. 381-382, 2011年8月.
- 6) 加藤貴司, 境茂樹, 仲野健一: 地震後における建物の安全性・使用性判定支援のための構造ヘルスマニタリングシステム, 日本建築学会大会学術講演会梗概集 (近畿), 21050, pp. 99-100, 2014年9月.
- 7) 中村充, 安井譲: 微動測定に基づく地震被災鉄骨建物の層損傷評価, 日本建築学会構造系論文集, 第64巻, 第512号, pp. 61-68, 1999年3月.
- 8) 羽田浩二, 堀家正則: 微動記録を用いた偏心建物のグリーン関数の推定とその信頼性の検証および

特徴 微動から推定したグリーン関数を用いた偏心建物の動的パラメータ同定への応用 その1, 日本建築学会構造系論文集, 第80巻, 第714号, pp.1239-1249, 2015年8月.

- 9) 理論地震動研究会：地震動 その合成と波形処理, 鹿島出版会, 1994年2月.
- 10) 仲野健一, 境茂樹, 加藤貴司, 伊藤隆之, 田沼毅彦: 超高層RC建物の振動特性の経時的変動について, 安藤ハザマ研究年報, Vol.2, No.4, 2014年.
- 11) 内藤幸雄, 石橋敏久: 常時微動から求めた建物の伝達関数が風の影響で見かけ上変化するメカニズムの検討, 日本建築学会構造系論文集, 第497号, pp.57-64, 1997年7月.
- 12) Wessel, P. and W. H. F. Smith. : New, improved version of the Generic Mapping Tools released, EOS Trans. AGU, 79, 1998, p.579.
- 13) 仲野健一, 安井謙, 境茂樹, 前田寿朗: 微動H/Vスペクトル比を用いた地盤-建物連成系の振動特性推定に関する考察, 日本建築学会大会学術講演会梗概集(東北), 21053, pp.105-106, 2018年9月.

---

## A Study on Investigations for Dynamic Properties of Buildings Considering Soil-Structure Interactions by H/V Spectral Ratios of Microtremors

Kenichi NAKANO, Yuzuru YASUI, Shigeki SAKAI and Toshiro MAEDA

We proposed the method that evaluates the dynamic properties of buildings, without measurement of vibrations at the same time and at multiple locations in a building, using the H/V spectral ratios of earthquake motions on the building as described in the previous paper. However, as the method is based on the earthquake motion records, a system has to be constructed to monitor these strong motions, and then we have to wait until an earthquake occurs to estimate the dynamic properties. Microtremors are an useful tool for engineers because microtremors present as certain signals rather than noises in many cases. Therefore, in this report, our aim is to adapt the method to accommodate microtremors. First, we observed microtremors in the target building that was used to evaluate the method. Next, we compared the transfer functions and H/V spectral ratios, as we did in the previous study, and we confirmed that the method was microtremor compatible.